



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Übersetzung der
eur päischen Patentschrift**

⑨⑦ **EP 0 548 266 B 1**

⑩ **DE 691 31 276 T 2**

⑤① Int. Cl.⁶:
G 01 N 27/416
G 01 R 31/36

②① Deutsches Aktenzeichen:	691 31 276.1
⑥⑤ PCT-Aktenzeichen:	PCT/US91/06091
⑥⑥ Europäisches Aktenzeichen:	91 918 255.0
⑥⑦ PCT-Veröffentlichungs-Nr.:	WO 92/04626
⑥⑧ PCT-Anmeldetag:	27. 8. 91
⑥⑨ Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung:	19. 3. 92
⑥⑩ Erstveröffentlichung durch das EPA:	30. 6. 93
⑥⑪ Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	26. 5. 99
④⑦ Veröffentlichungstag im Patentblatt:	30. 12. 99

③⑩ Unionspriorität:
579817 10.09.90 US

⑦⑧ Patentinhaber:
Champlin, Keith S., Minneapolis, Minn., US

⑦④ Vertreter:
Elsenführ, Speiser & Partner, 80335 München

⑥④ Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT

⑦② Erfinder:
gleich Anmelder

⑥④ **ELEKTRONISCHER TESTER ZUM BEWERTEN DER KAPAZITÄT EINER BATTERIE/ZELLE**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 691 31 276 T 2

DE 691 31 276 T 2

Bisher ist das einzige verfügbare Mittel zum exakten Bestimmen der Energiekapazität einer Batterie oder einer einzelnen Batteriezelle der Langzeitentladungstest. Dieses bekannte Testverfahren ist vollständig in Abschnitt 6 der ANSI/IEEE-Norm 450-1987 beschrieben. Bei diesem Verfahren wird die Batterie bei gleichbleibendem Stromfluß entladen, der normalerweise der Ampèrestunden-Nennleistung der Batterie geteilt durch ihre Nennleistungsdauer (typischerweise acht oder zehn Stunden) entspricht. Während der Entladung wird die Klemmenspannung der Batterie sowie jeder einzelnen Zelle überwacht und die bis zum Erreichen eines bestimmten "Spannungsendwerts" (normalerweise 1,75 V pro Zelle) benötigte Zeit festgehalten. Die "prozentuale Kapazität" einer Batterie oder einer einzelnen Zelle kann dann nach folgender Formel errechnet werden:

$$\text{prozentuale Kapazität} = \frac{(\text{Zeit in Minuten bis "Spannungsendwert"})}{(\text{Nennentladungsdauer in Minuten})} \times 100\%$$

(1)

Jede Zelle oder Batterie, bei der sich mit diesem Verfahren eine "prozentuale Kapazität" von 80 % oder weniger ergibt, wird normalerweise entfernt und durch eine neue Zelle oder Batterie ersetzt.

Obwohl der vorstehend beschriebene, bekannte Langzeitentladungstest zur Ermittlung der gespeicherten Energiekapazität vielfach verwendet wird, hat er mehrere schwerwiegende Nachteile wie zum Beispiel:

1. Die Durchführung des Tests dauert ziemlich lang (normalerweise 8 bis 10 Stunden).
2. Die entnommenen Ströme können relativ stark sein, so daß schweres und sperriges Gerät erforderlich sein kann.
3. Nach dem Test muß die Batterie vor dem erneuten Gebrauch wieder geladen werden, wofür zusätzliche Zeit erforderlich ist.
4. Bei einer gegebenen Batterie ist nur eine bestimmte Anzahl von Lade-/Entladezyklen möglich. Folglich verringert jeder an einer Batterie durchgeführte Langzeitentladungstest die mögliche Einsatzdauer der Batterie.

Die Überprüfung von Autobatterien zum Anlassen von Motoren stellt ein ganz anderes Problem dar. Anders als die Tiefentladebatterien, die über längere Zeit Energie abgeben sollen, haben die Autostarterbatterien die Hauptaufgabe, kurzzeitig einen Energiestoß zu liefern. Daher werden Autobatterien gewöhnlich durch einen Kurzzeitbelastungstest (z.B. 15 Sekunden) geprüft. Allerdings erfordert der Belastungstest ebenso wie der Langzeitentladungstest schweres, sperriges Gerät und weist auch noch andere große Nachteile auf. Dementsprechend lehren die US-Patente 3,873,911; 3,909,708 und 4,816,768 eine praktische Alternative zum üblichen Belastungstest für Autostarterbatterien. Die drei vorgenannten Patente offenbaren unabhängige elektronische Geräte, die den dynamischen Leitwert der Batterie (d.h. den realen Anteil des Gesamt-Scheinleitwerts), d.h. das Verhältnis von In-Phasewechselstrom zu Wechselspannung, mittels Wechselstrom-Kleinsignalen messen, um die Fähigkeit der Autobatterie zur Bereitstellung der Anlaßkapazität bequem und exakt zu bewerten. Die Patente lehren, daß der dynamische Leitwert einer Batterie direkt proportional ist zu ihrer dynamischen Leistung, d.h. der maximalen Leistung, die die Batterie abgeben kann. Messungen des dynamischen Leitwerts korrelieren stark mit der ~~Nennkapazität~~ einer Batterie, ausgedrückt in Kaltstartampères und liefern damit ein direktes Maß für die Hochstrom-Anlaßkapazität der Batterie. Millionen von Messungen, die im Lauf von fünfzehn Jahren bei Autostarterbatterien durchgeführt wurden, haben diese Lehren voll bestätigt und die Brauchbarkeit des Verfahrens der Leitwertmessung zum Testen von Fahrzeugstarterbatterien belegt.

Kaltstart-
fähigkeit

Das US-Patent 3,873,911 bildet die Basis des Oberbegriffs von Anspruch 2. Diese Schrift lehrt ferner als erste Ausführungsform die Verwendung einer Ausgleichsbrückenschaltung, in der die dynamische Leistung einer Einzelbatterie geprüft wird, wobei die dynamische Leistung direkt proportional zum inversen dynamischen Widerstand der Batterie ist. Diese Einzelbatterie wird dann als Normbatterie zur ersten Eichung anderer Einheiten einer zweiten Ausführungsform verwendet, die ein Direktableseinstrument hat, das auf der Änderung des Verstärkungsfaktors eines Hochleistungsverstärkers durch Steuerung von dessen negativer Rückmeldung basiert.

Leider kann das Verfahren der Messung des dynamischen Leitwerts zur Bewertung der Anlaßkapazität nicht unmittelbar für die Bewertung der Energiekapazität verwendet werden, wie es für Batterien im Tiefentladungseinsatz wünschenswert wäre. Wegen der vielen Nachteile des Langzeitentladungstests wäre es jedoch offensichtlich wünschenswert, einen einfachen Soforttest - wie die Überprüfung

geführt wurden, eingehend analysiert. Ausgehend von dieser Analyse habe ich festgestellt, daß der dynamische Leitwert einer Zelle sich relativ schlecht mit der in ihr gespeicherten, in Amperestunden ausgedrückten Energiekapazität in Beziehung setzen läßt. Ich habe jedoch nachgewiesen, daß eine ganz lineare Beziehung zwischen der bei einem Langzeitentladungstest abgegebenen Gesamtenergie und dem vor Durchführung des Entladungstests gemessenen dynamischen Leitwert besteht, sofern alle geprüften Zellen gleich gebaut sind und die gleiche Nennkapazität haben und von ein und demselben Hersteller stammen. Indem zunächst ein "Referenzleitwert" festgelegt wird, der als der dynamische Leitwert einer Musterzelle oder -batterie mit 100 % Energiekapazität definiert wird, kann die prozentuale Kapazität aller gleich gebauten Zellen oder Batterien exakt und sofort festgestellt werden, indem deren dynamischer Leitwert gemessen und mit dem "Referenzleitwert" verglichen wird. Ein geeigneter "Referenzleitwert" kann einfach dadurch ermittelt werden, daß stellvertretend an einer einzelnen Zelle oder Batterie einer Gruppe eine Langzeitentladungsprüfung durchgeführt und der dynamische Leitwert gemessen wird.

Nachstehend wird ein versorgungsunabhängiges, elektronisches Gerät offenbart, welches sofort die gespeicherte Energiekapazität von einzelnen 2-Volt-Blei/Säure-Zellen oder aus diesen gebildeten Batterien ermittelt. Das Prüfgerät wird an die Klemmen einer Zelle oder Batterie angeschlossen und mißt deren dynamischen Leitwert mit einem zeitvariablen Kleinsignal. Eine interne Leitwertvorgabe erlaubt die anfängliche Eichung des Geräts zur Sicherstellung der Genauigkeit der Messungen an der Zelle/Batterie. Es sind Mittel zur Eingabe eines "Referenzleitwerts" vorgesehen, der als der dynamische Leitwert einer Zelle oder Batterie definiert ist, die gleich gebaut ist, die selbe Nennkapazität hat und eine Energiekapazität von 100 % aufweist. Das Gerät zeigt entweder den gemessenen Leitwert der geprüften Zelle/Batterie in Siemens (mhos) oder ihre "prozentuale Kapazität" an, die sich ergibt, wenn der gemessene Leitwert in geeigneter Weise zum "Referenzleitwert" in Beziehung gesetzt wird. Bei Ermittlung der "prozentualen Kapazität" leuchtet eine Leuchtdiode auf, wenn das Ergebnis unter einem voreingestellten Schwellwert liegt. Bei Messung einzelner Zellen ermöglichen besondere Konstruktionsmerkmale die Energieversorgung derjenigen Elemente der Meßschaltung, die mehr Strom benötigen, unmittelbar aus der zu prüfenden 2-Volt-Zelle, während die Elemente, die weniger Strom, aber eine höhere Spannung benötigen, von einer getrennten Niedrigenergie-Gleichstromquelle, beispielsweise einer kleinen 9-Volt-Transistorbatterie oder einem eingebauten, von der zu prüfenden Zelle versorgten Gleichspannungswandler versorgt werden. Diese neuartige Schaltungseinrichtung ermöglicht

zur Bewertung der Kapazität einer Batterie/Zelle offenbart ist.

- Fig. 8 ist ein Schaltbild des Verstärker/Stromversorgungsabschnitts einer in der Praxis eingesetzten Ausführungsform des erfindungsgemäßen elektronischen Prüfgeräts zur Bewertung der Kapazität einer Batterie/Zelle.
- Fig. 9 ist ein Schaltbild des Oszillator/Dämpfungsglied-Abschnitts einer in der Praxis eingesetzten Ausführungsform des erfindungsgemäßen elektronischen Prüfgeräts zur Bewertung der Kapazität einer Batterie/Zelle.
- Fig. 10 ist ein Schaltbild des Detektor/Anzeige-Abschnitts einer in der Praxis eingesetzten Ausführungsform des erfindungsgemäßen elektronischen Prüfgeräts zur Bewertung der Kapazität einer Batterie/Zelle.

Ausführliche Beschreibung

Fig. 1 offenbart Versuchsergebnisse, bei denen der vor der Entladung gemessene dynamische Leitwert G gegenüber der Zeit t (Minuten), die erforderlich ist, um bei einer Langzeitentladung bei Zehn-Stunden-Kapazität 1,75 V zu erreichen, in Beziehung gesetzt ist. Diese Ergebnisse wurden bei einer Gruppe von neun stationären Batteriezellen gleicher Bauart und Kapazität ein und desselben Herstellers erzielt. Der Graph von Fig. 1 offenbart eine empirische Beziehung zwischen dem dynamischen Leitwert und der Entladungsdauer, die nahezu linear ist. Diese außerordentliche Linearität war ganz unerwartet, ist jedoch typisch für die bei vielen verschiedenen Zellen erzielten Ergebnisse, sofern die Zellen nach Kapazität, Bauart und Hersteller gruppiert waren.

Der Grund für die beobachtete lineare Beziehung zwischen den beiden scheinbar zusammenhanglosen Größen (dynamischer Leitwert und Zeit) läßt sich anhand eines ziemlich einfachen Modells erklären. Der dynamische Leitwert einer Zelle läßt sich näherungsweise nach der folgenden bekannten Formel für den Leitwert eines einheitlichen Widerstands bestimmen:

$$G = \sigma A / L \text{ Siemens} \quad (2)$$

wobei σ die effektive Leitfähigkeit des Strompfads, L die effektive Länge des Strompfads und A die wirksame Fläche der Platten ist.

einem sehr hohen Grad an Genauigkeit kann daher geschrieben werden:

$$\text{prozentuale Kapazität} = (G/G_{\text{Ref}}) \times 100 \% \quad (4)$$

Damit liefert Gleichung (4) die Grundlage für eine praktische Alternative zum Langzeitentladungstest und zu Gleichung (1) für die Bewertung der Energiekapazität. Gleichung (4) zeigt, daß die in einer Zelle gespeicherte Energiekapazität alternativ sofort durch Messung ihres dynamischen Leitwerts G und Vergleichen des Meßwerts mit einem in geeigneter Weise festgelegten, dynamischen Referenzleitwert G_{Ref} ermittelt werden kann. Es muß lediglich G_{Ref} bekannt sein. Durch Umstellung von Gleichung (3) erhält man folgenden Ausdruck für G_{Ref} :

$$G_{\text{Ref}} = G \times (t_{\text{Nennwert}}/t) \quad (5)$$

Durch Anwendung von Gleichung (5) kann der für eine Gruppe von Zellen geltende dynamische Referenzleitwert unmittelbar durch Messung einer einzelnen Zelle der Gruppe bestimmt werden, indem bei dieser einzelnen Zelle stellvertretend ein Langzeitentladungstest (zur Ermittlung von t) und eine Messung des dynamischen Leitwerts (zur Ermittlung von G) durchgeführt wird. Damit ist es nicht erforderlich, daß eine "Referenzzelle", d.h. eine stellvertretend gemessene Zelle mit 100 % Energiekapazität, tatsächlich existiert.

Das im folgenden beschriebene Meßgerät erfüllt insbesondere die beiden folgenden wichtigen Funktionen:

1. Das Gerät liefert eine direkte Messung des dynamischen Leitwerts einer Zelle/Batterie und zeigt das Ergebnis in Siemens (mhos) an. Dieser bei einer stellvertretenden Zelle/Batterie erhaltene Wert wird zusammen mit den Ergebnissen eines bei derselben Zelle/Batterie durchgeführten Langzeitentladungstests verwendet, um nach Gleichung (5) G_{Ref} zu ermitteln.
2. Das Gerät ermöglicht die Eingabe des so ermittelten Werts von G_{Ref} . Die nachfolgenden Messungen des dynamischen Leitwerts werden dann in geeigneter Weise am G_{Ref} ausgerichtet, um die "prozentuale Kapazität" einer bestimmten Zelle/Batterie mittels Gleichung (4) festzustellen. Die so ermittelte "prozentuale Kapazität" wird vorteilhafterweise direkt angezeigt. Zusätzlich leuchtet eine Leuchtdiode auf, wenn das Ergebnis einen voreingestellten Schwellwert unterschreitet.

der Leitwertvorgabe 24 die gleiche Amplitude wie die mit 10-Hz-Frequenz an 34 anliegende Rechteck-Signalwechselspannung. Wenn der Betriebsartenschalter 28 auf Position "Messen" steht, hat die an der zu prüfenden Zelle/Batterie 26 entstehende Signalwechselspannung ebenfalls die gleiche Amplitude wie die mit 10-Hz-Frequenz an 34 anliegende Rechteck-Signalwechselspannung.

Die Signalwechselspannung am Ausgang 10 des Hochleistungsverstärkers 12 ist proportional zu dem über die externe Rückleitung 16 zurückgeleiteten Signalwechselstrom, der die Signalwechselspannung an 30 erzeugt, die gleich der Signalspannung an 34 ist und entgegengesetzte Phase hat. Damit ist die Signalwechselspannung an 10 proportional zur Oszillatorsignalwechselspannung an 34. Wenn der Betriebsartenschalter 28 auf Position "Eichen" steht, ist außerdem die Signalwechselspannung an 10 proportional zum dynamischen Scheinleitwert der Leitwertvorgabe 24, und wenn der Betriebsartenschalter 28 auf Position "Messen" steht, ist sie proportional zum dynamischen Scheinleitwert der Zelle/Batterie 26.

Die Gesamtspannung am Ausgang 10 des Hochleistungsverstärkers 12 enthält einen DC- bzw. Gleichstrom-Vorspannungsanteil und einen Wechselspannungssignalanteil. Die DC- bzw. Gleichstrom-Vorspannung bleibt unbeachtet, während die Signalwechselspannung von einem Synchrondetektor Det-1 44 im Detektor/-Anzeige-Abschnitt 8 erfaßt und exakt in eine Signalgleichspannung umgewandelt wird. Die Signalgleichspannung am Ausgang 48 des Det-1 48 wird an einem digitalen Voltmeter DVM-1 50 angezeigt. Der Detektor Det-1 44 wird phasensynchron mit einem Signal aus dem Oszillator/Dämpfungsglied-Abschnitt 6 ein- und ausgeschaltet, das über den Signalsynchronisierungspfad 46 geleitet wird. Infolgedessen ist die Ausgangsgleichspannung des DET-1 bei 48 proportional zu dem Anteil der Signalwechselspannung an 10, die in Phase mit dem 10-Hz-Oszillatorsignal ist. Die am DVM-1 50 angezeigte Gleichspannung ist damit proportional zur Oszillator-Signalwechselspannung an 34. Wenn der Betriebsartenschalter 28 auf "Eichen" steht, ist außerdem die am DVM-1 50 angezeigte Spannung proportional zum dynamischen Leitwert der Leitwertvorgabe 24, und wenn der Betriebsartenschalter 28 auf "Messen" steht, ist sie proportional zum dynamischen Leitwert der Zelle/Batterie 26.

Im Oszillator/Dämpfungsglied-Abschnitt 6 führt der Funktionswählschalter 52 das 10-Hz-Rechtecksignal vom Oszillator 36 über einen von zwei Signalpfaden zum Eichwerteinstell-Dämpfungsglied 38. Wenn der Funktionswählschalter 52 auf Position "Leitwert" steht, wird das Signal über das nicht einstellbare Dämpfungs-

der Funktionsschalter 52 auf Position "Leitwert" steht, wird dann der gemessene dynamische Leitwert (in Siemens) einer zu prüfenden Zelle/Batterie exakt am DVM-1 50 angezeigt. Wenn der Funktionsschalter 52 auf Position "Prozentuale Kapazität" steht, zeigt das DVM-1 50 die gemessene prozentuale Kapazität der zu prüfenden Zelle/Batterie, die nach Gleichung (4) bestimmt wird, unter Verwendung des am einstellbaren Dämpfungsglied 56 eingegebenen und am DVM-2 68 angezeigten Werts von G_{Ref} an. Außerdem wird von derselben Spannung bei 48, die das DVM-1 50 aktiviert, ein Spannungskomparator 70 aktiviert, der auf einen geeigneten Schwellwert voreingestellt werden kann. Dann leuchtet bei jedem Wert der "prozentualen Kapazität", der unter einem bestimmten "Gut/Schlecht"-Schwellwert liegt, z.B. 80 %, die Leuchtdiode 72 auf.

Fig. 4 zeigt ein vereinfachtes Schaltbild eines Teils des Verstärker/Stromversorgungs-Abschnitts 4 des Schaltbilds von Fig. 3, das nach der Lehre des US-Patents 4,816,768 dargestellt ist. Der Operationsverstärker A1 bildet zusammen mit seinen DC-bzw. Gleichstrom-Vorspannwiderständen R1, R2 und R3 sowie dem Transistor Q1, der als Emittterverstärker geschaltet ist, die Hochleistungsverstärkerkaskade 12 von Fig. 3. Zusätzlich bilden die Widerstände R4 und R5 zusammen mit dem Kondensator C3 den Tiefpaßfilter 18; der Widerstand R6 umfaßt das Widerstandsnetz 22, und die Kondensatoren C1 und C2 umfassen das kapazitive Kopplungsnetz 42. Die Batterie 26 wird in Fig. 4 durch Thevenin's äquivalente Schaltung dargestellt, bei dem eine Batterie-EMK V_b in Reihe mit einem internen Batteriewiderstand R_x geschaltet ist. Das vom Oszillator/Dämpfungsglied 6 bei 36 periodisch an die Summierschaltung 32 angelegte Rechtecksignal ist in Fig. 4 durch die Signalwechselspannung dargestellt, die sich am "Prüfwiderstand" R8 aufbaut, weil dieser über den "Injektionswiderstand" R7 mit dem Oszillator/Dämpfungsglied 6 verbunden ist. Die Summierschaltung 32 enthält die an R8 entstehende Oszillator-Signalspannung und die an der Batterie 26 entstehende Signalwechselspannung, die in Reihe geschaltet sind und an den beiden Anschlüssen C und D an der Batterie 26 abgenommen werden. Die Verstärkerausgangsspannung bei 10 von Fig. 3 ist in Fig. 4 als V_{out} von R6 dargestellt. Diese Spannung besteht aus einem DC- bzw. Gleichstrom-Vorspannungsanteil und einem Wechselspannungssignalanteil. Der DC- bzw. Gleichstrom-Vorspannungsanteil ist gleich der Gleichspannung am nichtinvertierenden (+)-Eingang des Operationsverstärkers A1. Der Wechselspannungssignalanteil ist sowohl zum Pegel des Oszillatorsignals an R8 als auch zum Kehrwert des Batteriewiderstands $1/R_x$ proportional.

Wie im US-Patent 4,816,768 ausführlich erläutert, hat die Schaltung von Fig. 4

versorgt, so daß kein Anschluß an das Wechselstromnetz oder eine andere Stromquelle erforderlich ist. Dieses Merkmal ist höchst erwünscht, insbesondere beim Prüfen von Batterien im freien Feld. Leider können jedoch mit der Schaltung von Fig. 4 keine einzelnen Zellen geprüft werden, weil eine voll geladene Blei/Säure-Zelle nur etwa 2.1 V bereitstellt, was für die Versorgung der im Batterieprüfgerät verwendeten Operationsverstärker und sonstigen elektronischen Bauelemente nicht ausreicht. Das Grundproblem ist es, eine Meßschaltung zu entwickeln, die einzelne Zellen exakt messen kann, trotzdem tragbar ist und bei der die Kopplung zwischen den Schleifen nicht verstärkt ist und dadurch die Meßgenauigkeit beeinträchtigt.

Fig. 5 offenbart eine erfindungsgemäße praktische Lösung dieser Aufgabe. Auch bei der Schaltung von Fig. 5 versorgt die zu prüfende Zelle/Batterie die Schaltungselemente, die viel Strom verbrauchen, den npn-Leistungstransistor Q1 und den ihm zugeordneten Rückkopplungswiderstand R6. Die übrigen aktiven Schaltungselemente jedoch - Oszillator/Dämpfungsglied 6 und Operationsverstärker A1 - werden von einer getrennten Zusatzspannungsversorgung V_s versorgt. Die beiden Spannungsversorgungen kommen nur an einem Punkt miteinander in Kontakt, nämlich am Batteriekontakt B, wodurch eine gemeinsame Erdung hergestellt wird. Die Eingangsvorspannung am nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers A1 wird über Schaltungen hergestellt, die an die Spannungsversorgung V_s angeschlossen sind. Eine störende Kopplung zwischen der "Spannungsmeßschleife" und der Zusatzspannungsversorgung V_s wird jedoch vermieden, indem die Isolation genutzt wird, die eine Stromquelle CS1 darstellt, deren dynamischer Widerstand im wesentlichen unendlich groß ist. Eine solche Hochimpedanz-Stromquelle kann mit einem herkömmlichen integrierten Schaltkreis (IC), beispielsweise dem LM334 der National Semiconductor Corporation, geschaffen werden. Bei diesem IC fließt durch den Widerstand R2 ein Gleichstrom von 67 mV geteilt durch den Widerstand von R9. Durch Multiplizieren dieses Gleichstroms mit dem Widerstand von R2 ergibt sich die DC- bzw. Gleichstrom-Vorspannung am nichtinvertierenden Eingang von A1 und damit der DC- bzw. Gleichstrom-Vorspannungsanteil am Rückkopplungswiderstand R6. Zu beachten ist, daß bei dieser Anordnung die Vorspannung am Widerstand R6 und damit der Vormagnetisierungsgleichstrom des Transistors Q1 von der Spannung V_s der Zelle/ Batterie unabhängig ist.

Ein Vorteil der Schaltung von Fig. 5 ergibt sich aus der Tatsache, daß der viel Strom verbrauchende Teil der Schaltung, nämlich die "Rückkopplungsschleife", noch von der zu prüfenden Zelle/Batterie versorgt wird. Wie im US-Patent 4,816,768 erörtert, arbeitet der Transistor Q1 als Linearverstärker der Klasse A.

Sein Strom ist damit ein konstanter Vormagnetisierungsgleichstrom mit zeitvariablen Stromamplituden nach oben und nach unten relativ zu diesem Gleichstromwert. Weil der Leitwert bei großen Zellen im Bereich von Tausenden von Siemens liegen kann, können Stromamplituden im Ampèrebereich erforderlich sein, um an der Zelle die für exakte Messungen erforderliche Wechselspannung aufzubauen. Daher sind Vormagnetisierungsgleichströme durch Q1 im Ampèrebereich erforderlich. Bei der in Fig. 5 dargestellten Schaltung werden diese starken Ströme von der zu prüfenden Zelle/Batterie geliefert. Die Elemente der Schaltung dagegen, die Spannungen von mehr als zwei Volt benötigen, werden von Strömen durchflossen, die im Milliampèrebereich liegen und können daher bequem über eine kleine Trockenbatterie, beispielsweise eine 9V-Transistorbatterie, versorgt werden. Damit muß bei der in Fig. 5 gezeigten Schaltung nicht auf Tragbarkeit zugunsten der Fähigkeit, einzelne Zellen zu prüfen, verzichtet werden.

In Fig. 6 sind mehrere Verbesserungen der Schaltung von Fig. 5 offenbart. Zunächst wurde die Stromversorgung der Batterie V_g durch einen Gleichspannungswandler ersetzt, der von der zu prüfenden Zelle/Batterie über die Kontakte A und B der "Rückkopplungsschleife" versorgt wird. Durch diese Verbesserung wird die Schaltung komplett mit Eigenstrom versorgt, und es entfällt die Notwendigkeit, Zusatzbatterien aufzuladen oder auszutauschen. Der Gleichstromwandler kann beispielsweise ein Wandler sein, wie er von der TRIMAG, Inc., 8210 W. Doe Avenue, Visalia, CA 93291, hergestellt und verkauft wird. Derartige Wandler sind für Eingangsspannungen von 2 bis 6 V geeignet und stellen eine konstante Ausgangsspannung von 15 V bei Stromstärken bis zu 50 mA bereit.

Zweitens wurde eine Bezugsspannungsquelle VR1 zusammen mit den Spannungsteilerwiderständen R1 und R2 verwendet, um den DC- bzw. Gleichstrom-Vorspannungspegel am nichtinvertierenden Eingang von A1 zu erzeugen. Die so erzeugte Vorspannung ist etwas exakter als die mit der Schaltung nach Fig. 5 erreichbare. Die Bezugsspannungsquelle VR1 kann einfach eine Zenerdiode sein. Sie kann auch ein integrierter Schaltkreis wie der 2,5-V-LM336-2.5 von der National Semiconductor Corporation sein.

Schließlich wurde in der Schaltung von Fig. 6 der bipolare npn-Leistungstransistor Q1 durch einen n-Kanal-Leistungs-MOSFET M1 ersetzt. Zweck dieser Verbesserung ist es, die verfügbare Ausgangssignalspannung, die den Signalstrom durch die Batterie treibt, zu erhöhen. Da bei Prüfung einer einzelnen Zelle nur 2 Volt zur Versorgung der Ausgangsschaltung Klasse A verfügbar sind, ist es wichtig, den

stand der Leitwertvorgabe. Wegen der "Vierpunktmeßfühler"-Architektur und der bei der offenbarten Schaltung gegebenen Isolation zwischen den Schleifen jedoch erfaßt die Meßschaltung nur die Signalspannung zwischen den beiden Spannungsmeßkontakten E und F und übergeht die viel größere Signalspannung am langen Stück des Leitungsdrahts zwischen E und B. Zu beachten ist ferner, daß es wichtig ist, wie die Kontakte E und F platziert werden. Wenn die beiden Spannungsmeßkontakte umgekehrt so platziert würden, daß der Kontakt F der Batterie am nächsten wäre, ergäbe sich eine positive Rückmeldung, und die Schaltung würde schwingen.

Die drei Abbildungen Fig. 8, Fig. 9 und Fig. 10 offenbaren zusammen das komplette Schaltbild einer Praxisausführung des erfindungsgemäßen elektronischen Prüfgeräts zur Erfassung der Kapazität einer Batterie/Zelle. Die weiter unten angegebenen Werte für die Bauelemente gelten für ein Prüfgerät, das Zellen und Batterien mit einem Leitwert von bis zu 19,99 Kilosiemens messen kann. Fig. 8 zeigt den kompletten Verstärker/Stromversorgungs-Abschnitt 4 des Prüfgeräts, Fig. 9 zeigt den kompletten Oszillator/Dämpfungsglied-Abschnitt 6, und Fig. 10 zeigt den kompletten Detektor/Anzeige-Abschnitt 8.

Der in Fig. 8 gezeigte Verstärker/Stromversorgungs-Abschnitt vereinigt die beiden Funktionen, die von den zwei in Fig. 6 und 7 gezeigten Schaltungen ausgeführt werden. Über die Kontakte A und B wird ein Gleichspannungswandler von der zu prüfenden Zelle/Batterie mit Energie versorgt. Der Wandler stellt eine Ausgangsspannung von 15 V bereit und liefert die gesamte Energie, die für das elektronische Prüfgerät erforderlich ist, bis auf die Energie, die die Bauelemente der "Rückkopplungsschleife" benötigen. Die "Rückkopplungsschleife", bestehend aus dem Leistungs-MOSFET M1, dem Rückkopplungswiderstand R6 und der Leitwertvorgabe G_s , wird durch direkten Anschluß an die Zelle/Batterie an den Kontakten A und B separat mit Energie versorgt. Eine DC- bzw. Gleichstrom-Vorspannung von 1 V, die durch die Spannungsteilerwiderstände R1 und R2 und die Bezugsspannungsquelle IC10 erzeugt wird, wird über den Widerstand R3 an den nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers IC1A angelegt. Dieser Vorspannungskreis wird über den Gleichspannungswandler von der Stromquelle IC8 versorgt, die den Vorspannungskreis wirksam vom Gleichspannungswandler isoliert. Der Widerstand R9 bestimmt die von der Stromquelle IC8 abgegebene Gleichstromstärke.

Ein Tiefpaßfilter, der sich aus den Widerständen R4 und R5 sowie dem Ableitkondensator C3 zusammensetzt, bildet einen internen Rückkopplungspfad vom Ver-

im wesentlichen gleich null, so daß die beiden Signalspannungen in der "Spannungsmeßschleife" einander aufheben müssen. Wenn also der Betriebsartenschalter SW1 auf Position "Messen" steht, ist die an der Zelle/Batterie entstehende 10-Hz-Signalspannung im wesentlichen gleich groß wie die Signalspannung am "Prüf-widerstand" R8A bei entgegengesetztem Vorzeichen. Entsprechend ist bei Stellung des Betriebsartenschalters SW1 auf Position "Eichen" die an der Leitwertvorgabe G_s entstehende Signalspannung im wesentlichen gleich groß wie die Signalspannung am "Prüf-widerstand" R8B bei entgegengesetztem Vorzeichen.

Die Signalspannung am Rückkopplungswiderstand R6 ist proportional zu dem Rückkopplungssignalstrom durch die Zelle/Batterie und die Leitwertvorgabe, was zu der erwünschten Spannungsaufhebung führt. Wenn also der Betriebsartenschalter SW1 auf Position "Messen" steht, ist der Wechsellspannungssignalanteil der Spannung V_{aus} an R6 proportional zur Signalspannung an R8A und zur dynamischen Admittanz der Leitwertvorgabe G_s .

Fig. 9 offenbart die Schaltung, die den Signalstrom erzeugt, der vom "Injektions-widerstand" R7 in den Schaltkreis von Fig. 8 injiziert wird. Aus der +15-V-Ausgangsspannung des Gleichspannungswandlers werden von der Stromquelle IC9 zusammen mit den Bezugsspannungsquellen IC11, IC12 und IC14 Bezugsspannungen von +5 V, +7,5 V und +10 V abgeleitet. Der Widerstand R12 bestimmt die Gleichstromstärke des IC9.

Der Operationsverstärker IC1B bildet zusammen mit den Widerständen R13, R14, R15, R16 und dem Kondensator C4 eine herkömmliche Kippschaltung. Der Ausgang des IC1B schwingt zwischen einer niedrigen Spannung von annähernd null und einer hohen Spannung von annähernd +15 V bei einer Frequenz von etwa 10 Hz. Der zeitvariable Ausgang von IC1B wird an den Eingang des IC1D angelegt, der als Phaseninverter gestaltet ist. Der phasenvertauschte Ausgang des IC1D wird als Synchronisationssignal verwendet und an die Steuereingänge der Analogschalter IC6B und IC6C (im Detektor/Anzeige-Abschnitt 8) angelegt.

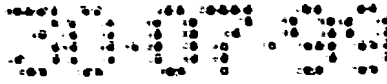
Das zeitvariable Ausgangssignal des IC1B wird ebenfalls an den Steuereingang des Analogschalters IC6A angelegt, dessen Signaleingangsanschluß mit der +5V-Bezugsspannung verbunden ist. Der Widerstand R17 stellt sicher, daß der Signalausgang des IC6A vollständig auf 0 Volt gebracht wird, wenn sein Steuereingang gering bzw. klein ist. Damit ist der Signalausgang des IC6A eine 5-Volt-Rechteckwelle mit einem exakten Pegel und einer Frequenz von 10 Hz.

Der Signalausgang des IC6A ist mit dem nichtinvertierenden Eingang des IC1C verbunden, der als Spannungsfolger mit Verstärkungsfaktor 1 gestaltet ist. Aufgabe des IC1C ist es, den Impedanzpegel zu senken, damit sichergestellt ist, daß das an die nächste Stufe angelegte Signal durch Ladungsänderungen unbeeinträchtigt bleibt. Der Ausgang des IC1C liegt an den parallelen Eingängen von zwei invertierenden Verstärkern an. Einer der invertierenden Verstärker umfaßt den IC2B zusammen mit den nicht variablen Widerständen R18 und R19 und hat einen nicht variablen Spannungsverstärkungsfaktor von $(-R19/R18)$. Der andere invertierende Verstärker umfaßt den IC2A zusammen mit dem variablen Widerstand R20 und dem nicht variablen Widerstand R21. Dieser Verstärker hat einen variablen Spannungsverstärkungsfaktor von $(-R21/R20)$. Die nicht invertierenden Eingänge des IC2A und des IC2B werden auf +5 V bezogen. Die Ausgänge der beiden invertierenden Verstärker bestehen daher aus positiv gerichteten, phasenvertauschten 10-Hz-Rechteckwellen, deren Amplituden über dem +5-V-Referenzpegel durch den Spannungsverstärkungsfaktor des entsprechenden Verstärkers bestimmt werden.

Der Funktionswahlschalter SW2A wählt den einen oder den anderen Ausgang der beiden invertierenden Verstärker und verbindet ihn mit dem Trimpotentiometer R22. Das Trimpotentiometer R22 dient als Oszillatorsignalpegeleinsteller beim Eichen des Prüfgeräts. Der Ausgang des Trimpotentiometers R22 liegt am "Injektionswiderstand" R7 an, der im Verstärker/Stromversorgungs-Abschnitt 4 (siehe Fig. 8) enthalten ist.

Wenn der Funktionswahlschalter SW2A auf Position "Leitwert" steht, ist der Ausgang des invertierenden Verstärkers mit konstantem Verstärkungsfaktor gewählt. Damit ist das unveränderliche Spannungsverstärkungsverhältnis $-R19/R18$ gewählt, um den Leitwert der Zelle/Batterie direkt in Kilosiemens anzuzeigen. Wenn der SW2A auf Position "Prozentuale Kapazität" steht, ist der Verstärker mit verstellbarem Verstärkungsfaktor gewählt. Damit ist das veränderliche Verhältnis $-R21/R20$ gewählt, um den gemessenen Leitwert in geeigneter Weise zu skalieren, so daß die angezeigte Größe der Prozentsatz eines Referenzleitwerts ist, der zuvor mit dem verstellbaren Widerstand R20 eingegeben worden ist.

Der Widerstandswert des R20 ist direkt proportional zu dem Wert von G_{Ref} , der der Einstellung entspricht. Damit kann die Beziehung zwischen G_{Ref} und R20 bequem über eine linear kalibrierte Skala hergestellt werden, die mit einem Knopf oder einem anderen Mittel zum Einstellen des R20 versehen ist. Im folgenden wird jedoch ein alternatives Präzisionsmittel zum Herstellen und Anzeigen dieser Bezie-



DC-bzw. Gleichstrom-Vorspannungsanteil von etwa 1 V und einen Rechteckwellensignalanteil, dessen Amplitude proportional zur dynamischen Admittanz entweder der zu prüfenden Zelle/Batterie oder der Leitwertvorgabe ist.

Die Integrierten Schaltkreise IC6C und IC3A bilden zusammen mit den Widerständen R28, R29, R30 und dem Kondensator C7 einen Synchrondetektor. Diese Schaltung ist im US-Patent 4,816,768 vollständig erläutert. Es wird dort ausgeführt, daß C6 sich bis zum DC- bzw. Gleichstrom-Vorspannungsanteil von V_{aus} auflädt und daß die Gleichspannung, die sich zwischen dem Ausgang des IC3 und dem nicht invertierenden Eingang des IC3A aufbaut, proportional zu dem Signalanteil ist, der in Phase mit dem an den Steuereingang des IC6C angelegten Synchronisationssignal ist. Weil sich das Synchronisationssignal in Phase mit der Oszillatorspannung an den "Prüfwiderständen" R8A und R8B von Fig. 8 befindet, ist die Gleichspannung zwischen dem Ausgang des IC3A und dem nicht invertierenden Eingang des IC3A proportional zum dynamischen Leitwert der zu prüfenden Zelle/Batterie oder der Leitwertvorgabe.

Der Signalausgang des Synchrondetektors liegt am Differentialeingang des digitalen Voltmeters DVM-1 an den Anschlüssen IN HI und IN LO an. Damit ist die am DVM-1 angezeigte Gleichspannung ebenfalls proportional zum dynamischen Leitwert der zu prüfenden Zelle/Batterie oder der Leitwertvorgabe. Die Proportionalitätskonstante, die den Signalpegel von V_{aus} mit dem am DVM-1 angezeigten Wert in Beziehung setzt, wird durch das Verhältnis (R30/R28) bestimmt. Dieses Verhältnis wird so gewählt, daß der dynamische Leitwert am DVM-1 direkt in Siemens angezeigt werden kann, wenn der Funktionswahlschalter SW2 auf Position "Leitwert" steht. Der Schaltabschnitt SW2B des Funktionswahlschalters SW2 versetzt den angezeigten Dezimalpunkt beim Wechsel von der "Leitwert"-Anzeige (XX.XX Kilosiemens) zur "Prozentuale Kapazität"-Anzeige (XXX.X %). Das DVM-1 ist identisch mit dem DVM-2 und ist ein digitales Schalttafel-Meßinstrument vom Typ BL 100301 des Herstellers Modutec Incorporated, Norwalk, Connecticut.

Die Schaltung für die Gut/Schlecht-Anzeige umfaßt die IC3B, IC3C, IC13, die Widerstände R31 bis R34 und die Gut/Schlecht-Leuchtdiode. Der IC3B ist als Spannungsfolger mit Verstärkungsfaktor 1 konfiguriert, der mit der Niederpegel-Seite des Ausgangs des Synchrondetektors verbunden ist. Die Spannung am Ausgang des IC3B ist daher auf demselben Bezugspegel. Die Spannung an der verstellbaren Abgriffstelle des Trimpotentiometers R32 ist gleich der Bezugsspannung zuzüglich eines weiteren einstellbaren Betrags vom IC13 und vom

Widerstände (Ohm) (1/4 W, soweit nichts anderes angegeben ist)

R1	1,50 k
R2	1,00 k
R3	47 k
R4, R5	3,0 M
R6	0,5 - 5 Watt
R7	33 k
R8A, R8B	100
R9	22
R10, R11	33 k
R12	8,2
R13, R14	1,0 M
R15	150 k
R16	267 k
R17	10 k
R18	54,9 k
R19, R21	10,0 k
R20	100 k, einstellbar
R22	1 k Trimpoti
R23	75,0 k
R24	82,5 k
R25	18,7 k
R26	10,0 k
R27	90,0 k
R28	100 k
R29	49,9 k
R30	105 k
R31	10 k
R32	100 k Trimpoti
R33	1 k
R34	100 k

91 918 255.0-2214 (EP 0 548 266)

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bewerten der prozentualen Energiekapazität einer Zelle oder einer Batterie, das den Schritt des Bestimmens des dynamischen Leitwertes der Zelle oder Batterie aus der Reaktion auf ein sich zeitlich änderndes Signal beinhaltet, wobei das Verfahren die folgenden weiteren Schritte enthält:
Festsetzen eines dynamischen Referenzleitwertes, der als dynamischer Leitwert einer identisch aufgebauten Zelle oder Batterie definiert ist, die eine im wesentlichen 100 %ige Energiekapazität aufweist,
Bestimmen des Verhältnisses aus dem dynamischen Leitwert der Zelle oder Batterie und dem dynamischen Referenzleitwert, und
Anzeigen dieses Verhältnisses und/oder Angeben, ob das Verhältnis kleiner als ein vorbestimmter Wert ist.
2. Elektronische Vorrichtung (4, 6, 8) zum Bewerten des Pegels einer in einer Zelle oder Batterie (26) gespeicherten Energiemenge relativ zu einem Referenzpegel, wobei die Zelle oder die Batterie einen dynamischen Leitwert ($1/R_x$) aufweist, wobei die elektronische Vorrichtung ein Mittel (4, 36, 38, 44, 50, 52, 54) zum Auswerten des dynamischen Leitwertes aufweist, das mit der Zelle oder der Batterie verbunden ist und einen beobachteten dynamischen Leitwert bereitstellt und wobei die elektronische Vorrichtung weiterhin gekennzeichnet ist durch:
Mittel (56, 60, 64, 68) zum Eingeben eines dynamischen Referenzleitwertes in die elektronische Vorrichtung,
Mittel (4, 36, 38, 44, 52, 56) zum Vergleichen des beobachteten dynamischen Leitwertes mit dem dynamischen Referenzleitwert und Bestimmen des Verhältnisses hieraus, und
ein auf das Verhältnis reagierendes Mittel (50, 70, 72) zum Bereitstellen einer Bewertung des Pegels der in der Zelle oder der Batterie gespeicherten Energiemenge relativ zu dem Referenzpegel.

und

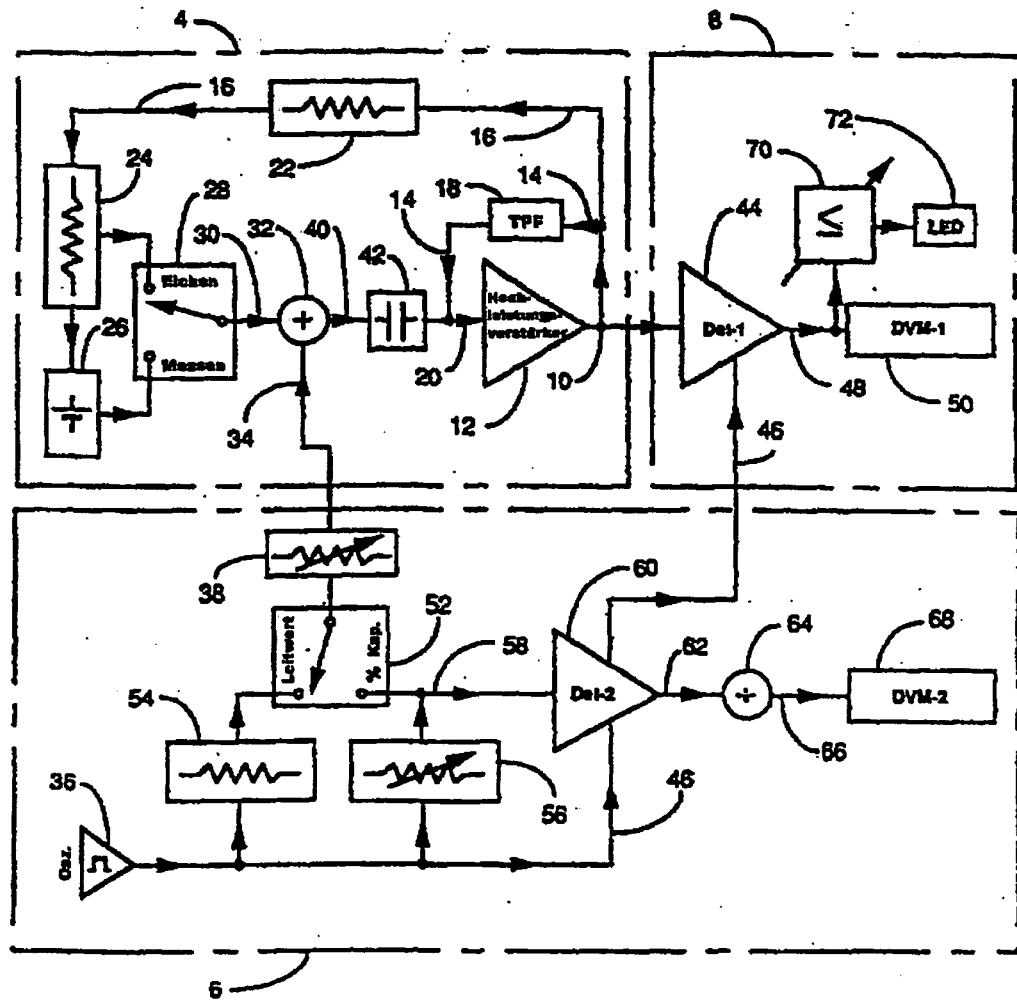
ein Mittel (50, 70, 72) zum Anzeigen des Ergebnisses des Vergleichs.

8. Elektronische Vorrichtung nach Anspruch 7,
bei der das Mittel (50) zum Anzeigen des Ergebnisses des Vergleiches eine
Zahl anzeigt, die proportional zu dem Verhältnis geteilt durch das Referenz-
verhältnis ist.
9. Elektronische Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8,
bei der das Mittel (70, 72) zum Anzeigen des Ergebnisses des Vergleiches
anzeigt, ob das Verhältnis größer oder kleiner als ein bestimmter Bruchteil
des Referenzverhältnisses ist.

30.07.99

2/7

Fig.3



30.07.99
4/7

Fig. 6

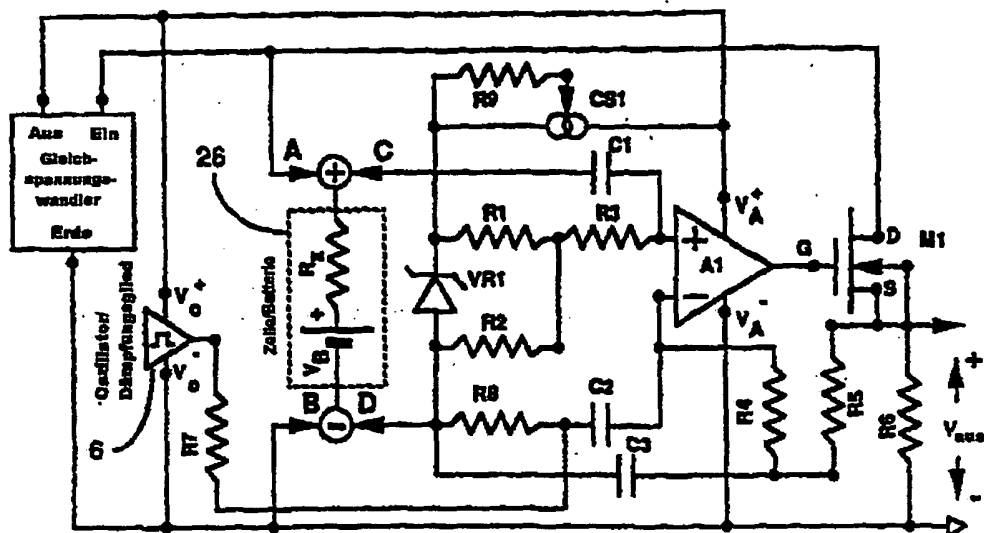
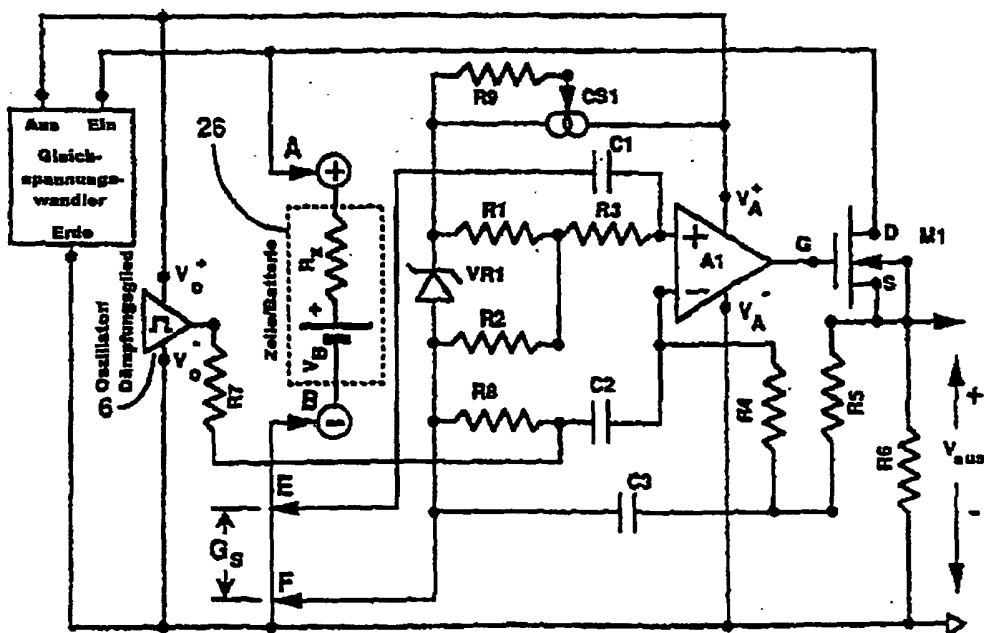


Fig. 7



6/7

Fig. 9

